

# АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## ALGORITHM FOR FORMING DATA STREAMS IN INFORMATION AND COMPUTING NETWORKS OF ENTERPRISES

**M. Elizov**

**Summary.** This article presents an algorithm for managing data flows in information and computing networks, aimed at increasing fault tolerance and optimizing routing. The developed method takes into account dynamic changes in the network and adapts data transmission routes, minimizing delays and reducing the load on the infrastructure. The algorithm is based on a modified routing mechanism using the DUAL algorithm, which ensures high adaptation speed and eliminates loops in the network topology.

**Keywords:** information and computing networks, routing, fault tolerance, DUAL algorithm, data flow optimization, availability factor, telecommunications, intelligent systems, dynamic transformation.

**Елизов Михаил Юрьевич**  
старший инженер-программист,  
ООО «Компания ДЭП», г. Москва  
disass@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье представлен алгоритм управления потоками данных в информационно-вычислительных сетях, направленный на повышение отказоустойчивости и оптимизацию маршрутизации. Разработанный метод учитывает динамические изменения в сети и адаптирует маршруты передачи данных, минимизируя задержки и снижая нагрузку на инфраструктуру. В основе алгоритма лежит модифицированный механизм маршрутизации с применением алгоритма DUAL, обеспечивающий высокую скорость адаптации и исключение петель в топологии сети.

**Ключевые слова:** информационно-вычислительные сети, маршрутизация, отказоустойчивость, алгоритм DUAL, оптимизация потоков данных, коэффициент готовности, телекоммуникации, интеллектуальные системы, динамическое преобразование.

В настоящий момент информационно-вычислительные сети (ИВС) становятся критически важными компонентами функционирования сложных организационно-технических систем (СОТС) [1, 2]. Они обеспечивают постоянный обмен информацией, которая необходима для принятия решений, управления процессами и повышения общей эффективности работы. Однако неустойчивость каналов связи отдельных узлов часто приводят к снижению эффективности всей системы [3]. При иерархическом управлении это может стать причиной полного паралича сети при отказе даже одного узла (рис. 1). Узлы СОТС этой сети, не имеющие между собой прямого подчинения, могут быть связаны и использоваться как узлы-ретрансляторы для передачи данных вне своего сетевого контура.

Целью данной работы является разработка алгоритма, обеспечивающего минимизацию изменений коэффициента готовности при максимальном количестве одновременно вышедших из строя узлов инфраструктуры. Для достижения этой цели решены следующие задачи:

- Анализ существующих методов маршрутизации в динамических сетях и их недостатков;
- Разработка математической модели для расчёта метрик маршрутов, включая коэффициент готовности, задержку передачи и загрузку каналов;

- Создание алгоритма, который обеспечит децентрализованное управление потоками данных и позволит минимизировать влияние отказов отдельных компонентов на функционирование системы в целом.;
- Оценка эффективности предложенного алгоритма на основе сравнительного анализа с традиционными методами маршрутизации.

Предлагаемый алгоритм отличается от существующих решений использованием единого каталога классификаторов информации при формировании подписок, а также изменённым способом определения соседства узлов в сети [4]. Это позволяет:

- Увеличить отказоустойчивость за счёт создания структурного резерва;
- Повысить оперативность и точность маршрутизации потоков данных в условиях нестабильности каналов связи.

Развитие методов управления потоками данных в информационных системах связано с совершенствованием сетевых технологий и протоколов маршрутизации [5]. На сегодняшний день большинство подходов основывается на централизованной или иерархической структуре управления. Эти методы, включая использо-

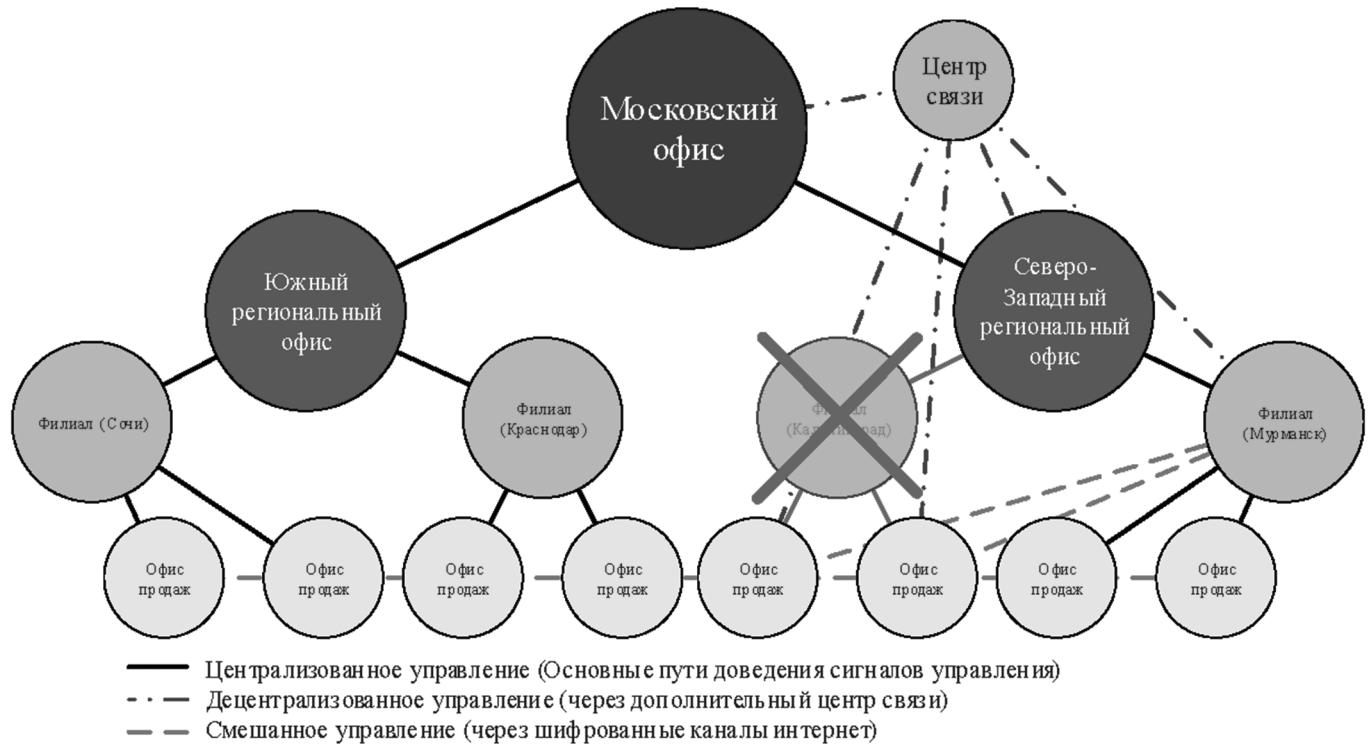


Рис. 1. Вариант формирования сетевой среды СОТС при нестабильности каналов связи промежуточных УС

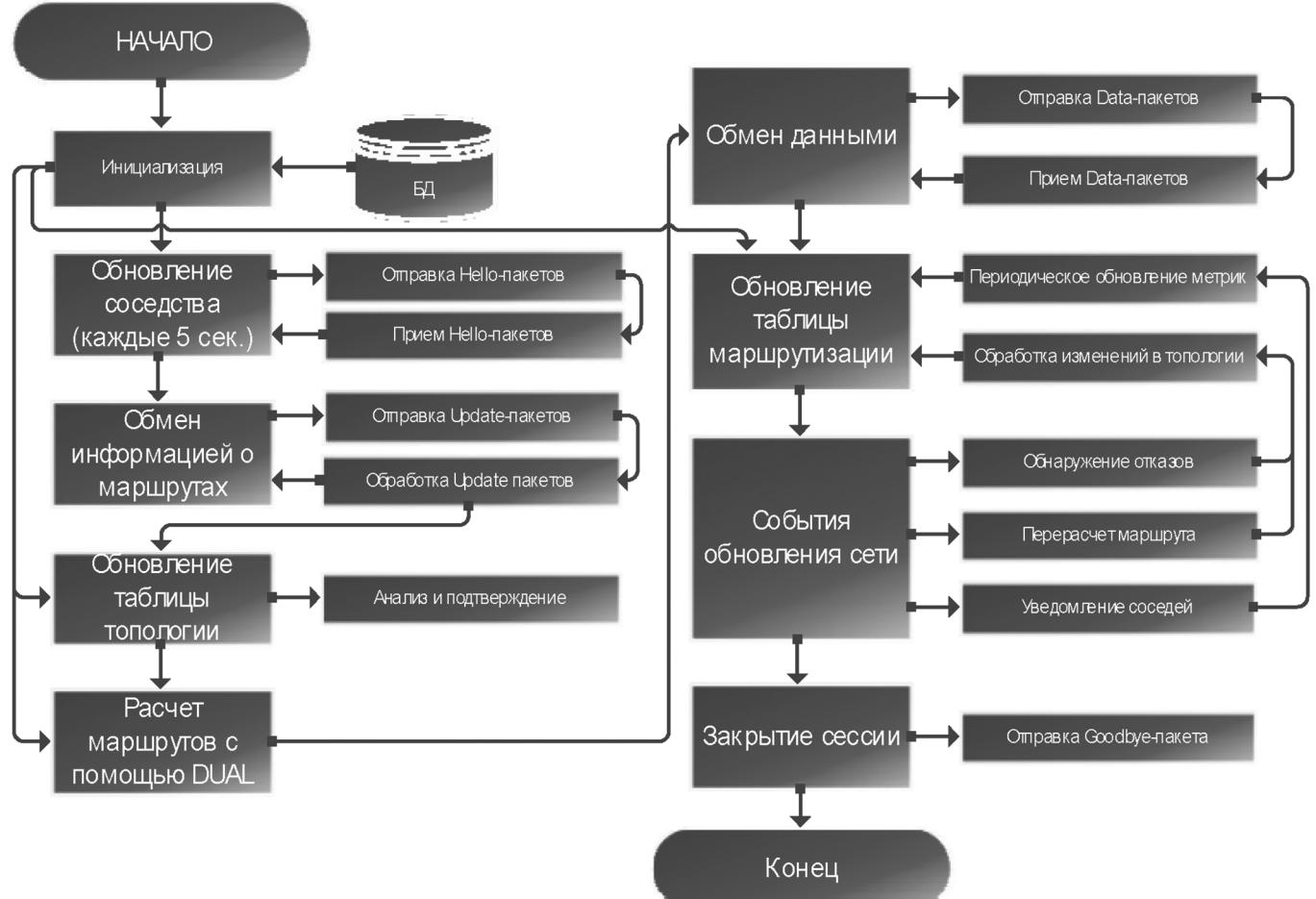


Рис. 2. Алгоритм формирования маршрутов (EIGRP)

вание протоколов, таких как OSPF (Open Shortest Path First) и RIP (Routing Information Protocol), демонстрируют ограниченные возможности по адаптации к динамически изменяющимся условиям сети.

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) выделяется среди других динамических протоколов маршрутизации благодаря использованию алгоритма DUAL (Diffusing Update Algorithm), который обеспечивает высокую скорость сходимости маршрутов и минимизирует вероятность возникновения петель [6]. EIGRP учитывает такие метрики, как пропускная способность, задержка, надёжность и загрузка канала, что делает его особенно эффективным для корпоративных сетей с высокой сложностью топологии (рис. 2) [7].

Современные исследования также рассматривают внедрение децентрализованных методов, среди которых выделяются подходы, основанные на технологии самоорганизующихся сетей (MANET) [8]. Однако данные решения часто оказываются сложными в реализации и требуют значительных вычислительных ресурсов.

Теоретическая значимость предлагаемого исследования заключается в разработке алгоритма, который сочетает принципы динамической маршрутизации с использованием единого каталога классификаторов информации [9]. Это позволяет расширить существующие теории в следующих аспектах:

- Повышение отказоустойчивости за счёт использования резервных каналов связи;
- Оптимизация маршрутов передачи данных путем минимизации задержек и дублирования информации;
- Применение механизмов интеграции разнородных информационных потоков в условиях нестабильных каналов связи.

Таким образом, исследование вносит вклад в развитие методов управления потоками данных и повышения эффективности функционирования информационно-вычислительных сетей предприятий.

Разработанный алгоритм дополняет существующий алгоритм EIGRP следующими этапами:

- Формирование таблицы классификаторов информации: на этом этапе создаётся единый каталог, который описывает типы данных, их приоритеты и параметры маршрутизации. Это обеспечивает стандартизацию обработки данных на уровне всей сети.
- Определение соседства узлов: состояние каналов связи между узлами анализируется в реальном времени. Для определения доступности и качества соединений используются показатели, такие как пропускная способность, задержка и надёж-

ность. Узлы классифицируются как ближайшие соседи, если они удовлетворяют заданным метрикам качества соединения.

- Построение маршрутов: маршруты рассчитываются на основе информации о соседстве и с использованием алгоритма DUAL. При построении маршрутов учитываются как основные, так и резервные пути для обеспечения отказоустойчивости. Создаются таблицы маршрутизации, в которых для каждого узла указываются доступные маршруты, их метрики и состояние каналов связи.

При применении технологии DUAL для вычисления кратчайших маршрутов без петель, используются динамические метрики, такие как задержка, пропускная способность и надёжность.

Для расчёта метрики маршрута используется формула:

$$M = K_1 \cdot \text{Bandwidth} + K_2 \cdot \text{Delay} + K_3 \cdot \text{Reliability} + K_4 \cdot \text{Load},$$

где:  $K_1, K_2, K_3, K_4$  — коэффициенты, учитывающие важность метрик (1 или 0, если метрика не учитывается).

Bandwidth — минимальная пропускная способность на пути.

Delay — суммарная задержка передачи данных.

Reliability — наименьший показатель надёжности на пути.

Load — наивысший показатель загрузки канала.

Для расчёта задержки пакетов в сети используется следующая формула:

$$D = \frac{B}{C - \lambda},$$

где:  $D$  — задержка;

$B$  — объём передаваемых данных;

$C$  — пропускная способность канала;

$\lambda$  — интенсивность поступления пакетов.

Для определения размеров пакета используется формула:

$$P = H + \sum_{i=1}^n (F_i \cdot O_i),$$

где:  $H$  — размер заголовка.

$n$  — количество полей в пакете.

$F$  — размер объекта данных.

$O$  — общее количество объектов.

Подобный подход позволяет минимизировать нагрузку на сеть и оптимизировать передачу данных.

Применение алгоритма было протестировано на корпоративной ИВС с тремя уровнями иерархии: централь-

ные узлы, региональные узлы и филиалы. Основная цель — повышение отказоустойчивости сети в условиях нестабильности каналов связи.

В одном из сценариев была смоделирована ситуация выхода из строя 20 % узлов филиальной сети. Благодаря предложенному алгоритму маршруты передачи данных были перестроены, что позволило избежать потери связи между центральным и региональным уровнями.

Таблица 1.

Коэффициенты готовности после выхода из строя  
20 % ИВС

Уровень узла	Коэффициент готовности до внедрения	Коэффициент готовности после внедрения
Центральный	0.9996	0.9998
Региональный	0.9993	0.9995
Филиальный	0.9989	0.9992

Таблица 2.

Характеристики сети

Параметры сети	Значение до внедрения	Значение после внедрения
Средняя задержка	200 мс	120 мс
Пропускная способность	80 % загрузки	60 % загрузки

Анализ полученных результатов показал, что после внедрения алгоритма коэффициенты готовности увеличились на всех уровнях сети, что свидетельствует о повышении отказоустойчивости. Средняя задержка пакетов сократилась на 40 %, что значительно улучшило качество обслуживания в сети. Снижение загрузки каналов позволило обеспечить более равномерное распределение потоков данных.

В сравнении с традиционными иерархическими методами управления (на базе OSPF и RIP), предложенный алгоритм демонстрирует более высокую эффективность в условиях нестабильности каналов связи за счёт дина-

мической адаптации маршрутов и интеграции резервных путей.

Основными преимуществами предложенного подхода являются:

- Высокая скорость адаптации маршрутов благодаря использованию алгоритма DUAL.
- Повышение отказоустойчивости сети за счёт интеграции резервных маршрутов и минимизации задержек.
- Снижение нагрузки на каналы связи благодаря оптимизации размеров пакетов и исключению дублирования данных.
- Универсальность алгоритма, позволяющая его применение в сетях с разной топологией и степенью сложности.

Возможные ограничения и направления для дальнейших исследований:

- Ограниченнная производительность при высоком уровне динамичности сети.
- Необходимость дополнительной памяти для хранения таблиц маршрутизации и подпакетов.
- Перспективы интеграции алгоритма с существующими методами искусственного интеллекта для предсказания состояний сети и заблаговременного планирования маршрутов.

Предложенный алгоритм формирования потоков данных демонстрирует высокую эффективность в повышении отказоустойчивости и оптимизации маршрутизации в информационно-вычислительных сетях. Алгоритм может применяться в корпоративных сетях с высокой степенью иерархии, в распределённых системах управления и в промышленных IoT-сетях. В перспективе алгоритм может быть интегрирован в интеллектуальные системы управления потоками данных, основанные на машинном обучении, для автоматической оптимизации маршрутов в условиях изменяющейся нагрузки. Его внедрение позволяет улучшить качество обслуживания, сократить простои и обеспечить бесперебойную работу сети в условиях нестабильных каналов связи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.Ф., Галанкин А.В., Федор А.Л. Общая характеристика процесса автоматизированного управления сложными организационно-техническими системами специального назначения воздушно-космических сил. H&ES Research, VII, 6 (2015), 50–53.
2. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. Финансы и статистика, Москва, 2004.
3. Афонин И.Е., Петров С.В., Макаренко С.И. Переход к адаптивно-сетевой структуре системы управления воздушно-космической обороной, как один из основных путей повышения ее устойчивости. «Воздушно-космические силы. Теория и практика» | № 19 (2021).
4. Применение компьютерных технологий при создании комплекса аппаратно-программных имитаторов функционирования средств ВКО для отладки специального программного обеспечения АСУ // XXI Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы развития и применения средств противовоздушной обороны на современном этапе. Средства противовоздушной обороны России и других стран мира, их сравнительный анализ», 9 октября 2020 г. Секции 1–8: материалы конференции / Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны.

5. Башлыкова А.А., Козлов С.В., Макаренко С.И., Олейников А.Я., Фомин И.А. Подход к обеспечению интероперабельности в сетевентрических системах управления. Журнал радиоэлектроники, ISSN 1684–1719, №6 (2020).
6. Волков В.Ф., Галанкин А.В., Федер А.Л. Общая характеристика процесса автоматизированного управления сложными организационно-техническими системами специального назначения воздушно-космических сил // Наукоемкие технологии в космических исследованиях земли, Vol. 7, №. 6, 2015. pp. 50–54.
7. Черныш А.Я., Попов В.В. Об эволюции теории и практики единого информационного пространства и первоочередных мерах по его развитию в интересах повышения эффективности управления национальной обороной Российской Федерации. Военная мысль, 9 (2019), 47–54.
8. Буренок В.М. Информационное обеспечение вооруженных сил. Приложение. Положение об органах информационного обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. Внутренние источники угрозы. Военная мысль, 2006, 28–31.
9. Легков К.Е., Оркин В.В. Основные направления развития единого информационного пространства Воздушно-космических сил в современных условиях. Военная мысль №8 (2020).

---

© Елизов Михаил Юрьевич (disass@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»